

# 鋼製枠組みと LVL パネルを用いたハイブリッド耐震システムの開発 —その2 実験計画と結果—

正会員 ○丸谷 周平\* 同 塩手 博道\*  
同 落合 徹\* 同 北田 祐一\*

大規模木質構造 耐震構造 単板積層材  
鉄骨構造 実大実験

## 1. はじめに

本稿では、その1で紹介した耐震パネルの1ピースを対象に実大実験（以下、耐震パネル実大実験）を行った内容について、また、ジベル部分の要素実験（以下、ジベル要素実験）も合わせて行ったため、その内容について紹介する。

## 2. 耐震パネル実大実験の計画

その1で提案した耐震パネルが、どの程度の水平荷重・変形角まで安定した荷重が可能なかを把握するとともに、最終崩壊モード・破壊発生位置を確認することを目的として、耐震パネル1ピースに対して実大実験を行う。

図1に実大実験の実験計画図を示す。実験は、表1に示すスケジュールに沿って正負交番静的漸増荷重を行い、各荷重時における荷重変形関係を把握する。また、各時図1に示す箇所で枠組みCTおよびLVLパネルの変形とひずみをモニタリングし、全体変形等を把握する。

各部材は、枠組みCTがSM490A、LVLパネルがカラマツ（100E-375F,50V-43H）で、80mm厚のLVLパネルを両側から枠組みCTに挟み込んでいる。また、厚さ80mmの1枚のLVLパネルは、40mmのLVLを2枚合わせにして2次接着して製作する。繊維方向が直行する向きにラミナを挿入するクロスラミナ層は、40mmのLVLに対して両面の外側から2層目に配置しており、80mmのLVLでは全4層である。クロスラミナ層を入れる目的としては、LVLパネルの寸法安定性、靱性及び強度の確保である。

試験は、同一仕様で3体行い、各試験体の製作状況、荷重状況等を考慮し、結果の考察を行う。

## 3. 耐震パネル実大実験結果

図2に試験体No.3の荷重と変形関係図を、図3に終局時の写真を示す。これら及び実験過程から以下のことが確認できた。

- 変形角 1/67 程度までほぼ弾性挙動で、その後徐々に剛性低下する。
- 最大荷重は、LVLパネルの繊維方向（縦方向）のせん断破壊時に発現する。
- 繊維方向のせん断破壊に達しても、急激な耐力低下を起さず、徐々に耐力低下し、変形性能を保持する。
- 図4に示すように、右加力時は耐震パネルの左上と右下に於いて枠組みCTとLVLパネルが密着し、支圧力により応力を伝達する。対角側は隙間が生じ、枠組みCTとLVLパネルとの支圧による応力伝達はない。

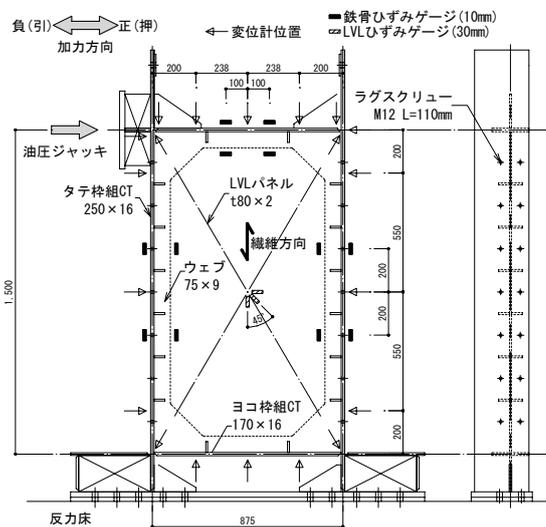


図1 実験計画図

表1 荷重増大スケジュール

試験ステップ	変形角	載荷手順(水平変位)
1	1/800	0 → 押側1.88mm → 引張側1.88mm → 3サイクル繰り返し
2	1/400	0 → 押側3.75mm → 引張側3.75mm → 3サイクル繰り返し
3	1/200	0 → 押側7.50mm → 引張側7.50mm → 3サイクル繰り返し
4	1/133	0 → 押側11.3mm → 引張側11.3mm → 3サイクル繰り返し
5	1/100	0 → 押側15.0mm → 引張側15.0mm → 3サイクル繰り返し
6	1/67	0 → 押側22.4mm → 引張側22.4mm → 3サイクル繰り返し
7	1/50	0 → 押側のみ30.0mm程度の破壊まで(最大50mm)まで

※水平変位は高さ1500mmを基準として算定

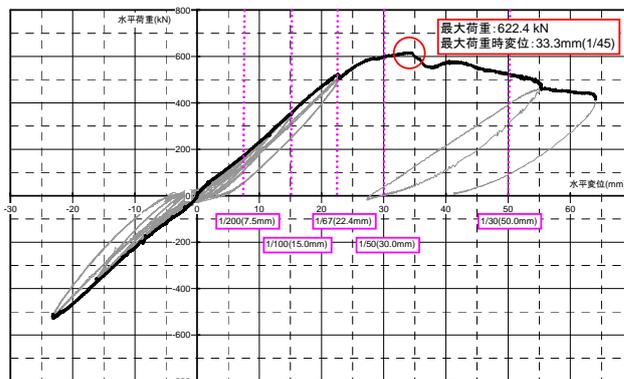


図2 耐震パネル履歴ループ(試験体No.3)

- ラグスクリューには、枠組みCTとLVLパネルを密着させようとする効果があり、特にLVLパネルから離れようとする場合には引張力が生じ、枠組みCTの座屈補剛等に対して有効であった。
- ジベルはLVLパネルの回転抑制に対して十分効力を発揮し、試験終了時の観察によれば、下から左右それぞれ1、2箇所程度LVLパネルのブロックせん断破壊が確認された。しかし、全てのジベル部がブロックせん断

破壊していないことから、耐震パネルとしての耐力に大きな影響は及ぼさなかった。

また、試験体に設置した変位計、ひずみ計の測定結果により、図4に示す変形図、モーメント図を得た。数値のない曲げモーメントは変形図からの推定である。これより、枠組みCTには純ラーメン的な応力状態が表現されず、縦材はほとんどせん断力を負担しない両端がピンのような応力であることが見て取れる。図のせん断力は、水平力520kNに対して、逆せん断で3.1kNと3.5kNであるため、誤差範囲であると考えられる。示した図は、試験体No.3の応力図であるが、他の試験体でも大局的に同様な応力が得られている。すると、水平力はLVLパネルが負担していることとなる。LVLパネルは、枠組みCTに対して、全縁端が固定されているわけではない。よって、枠組みCTから支圧力を受ける上端A点と下端B点を結ぶ対角線上に流れる軸方向力でせん断力を支点へ伝達していると考えられる。つまり、大局的にみた応力の伝達システムは図5に示すトラス構造で表現できる。ここで、引張ブレースは、ジベルによって回転を抑制しLVLパネルにせん断力を伝達する効果を表現している。現に、耐震パネル上面の横材に生じているせん断力よりも、圧縮力のはるかに大きいことがわかる。

ブレース置換における軸剛性は、圧縮側はLVLパネルのせん断剛性と回転剛性、引張側はジベルによるLVLパネルの回転抑制剛性で表現できる。

#### 4. ジベル要素実験計画と実験結果

本検討では、ジベル部の剛性および耐力を確認するためにその要素実験を行った。試験計画図を図6に示す。4組のジベル付鉄骨枠組みにLVLパネルを挟み込んだ試験体を作成し、1方向静的漸増荷重を行った。試験体は3体用意した。

試験結果の履歴曲線を図7に示す。これは、試験体の全体の引張荷重と変位の関係を示している。LVLに加工されたジベルプレート用のスリットがジベルプレートに接触するまではラグスクリューとLVLと鋼製枠との摩擦などの剛性が表れ、接触後は剛性が上がり、そのままの剛性で終局耐力を迎える。終局耐力は3体を平均すると概ね320kN程度で、破壊形式はジベルプレートに接触しているLVLがそのままの形状で抜け出してくる、ブロックせん断破壊であった。特に、ブロックせん断破壊面は、ラグスクリューをLVLの2次接着面の付近に設置していたこと、2次接着面近傍にクロスラミナ層が存在したことが重なり、クロスラミナ層のローリングシアーが確認された。最大耐力に達した直後は、耐力低下を起こしたものの、ラグスクリューが曲げ降伏しながらLVLと鋼製枠を繋ぎとめた為、徐々に耐力低下を起こす挙動に変化した。1組当りのジベルの剛性は約60kN/mm、耐力は約80kNであることがわかった。

#### 5. まとめ

本実大実験、ジベル要素実験により、耐震パネルが水平力を受けたときの挙動を明らかにすることができた。

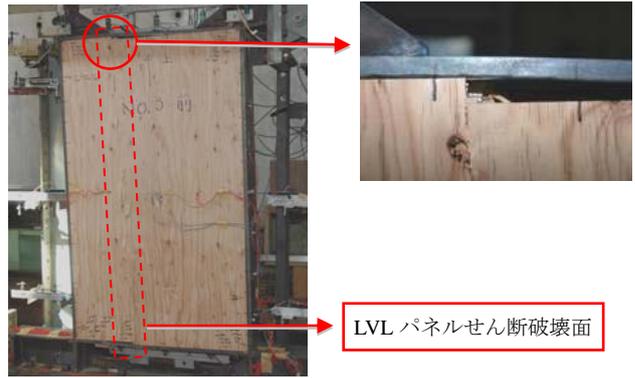


図3 試験体No.3 LVLパネルせん断破壊時

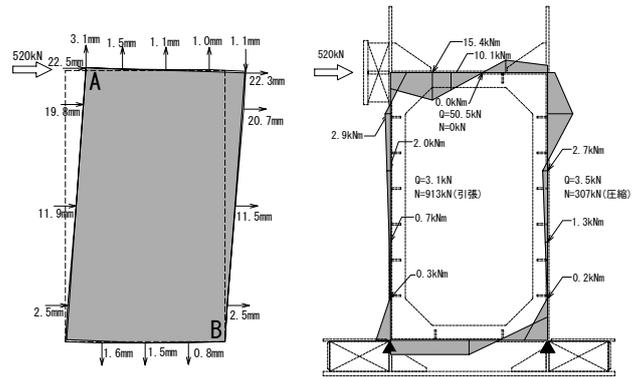


図4 1/67 変形時変形図および応力図(試験体No.3)

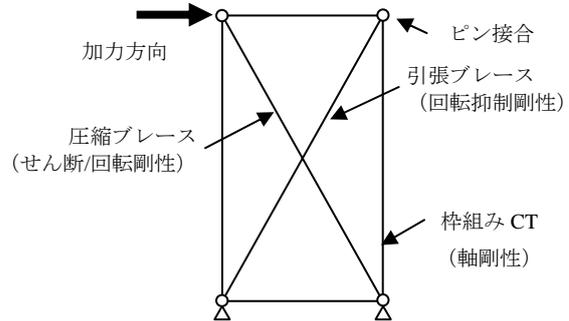


図5 耐震パネルモデル化図

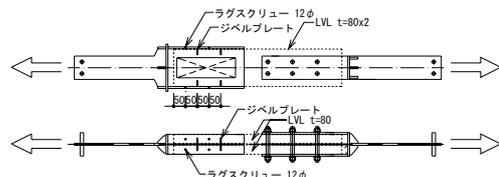


図6 ジベル要素実験計画図

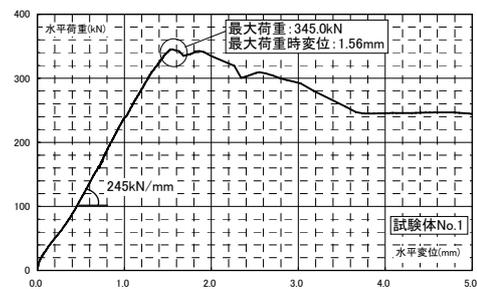


図7 ジベル要素実験荷重変形曲線